

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/003198

International filing date: 25 February 2005 (25.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-055246
Filing date: 27 February 2004 (27.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 12 May 2005 (12.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

08.3.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2004年 2月27日

出願番号
Application Number: 特願2004-055246

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

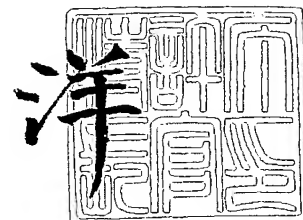
JP2004-055246

出願人
Applicant(s): 富士電機システムズ株式会社

2005年 4月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 04P00082
【提出日】 平成16年 2月27日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01F 1/66
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横須賀市長坂二丁目 2 番 1 号 富士電機アドバンスステ
 クノロジー株式会社内
 【氏名】 大室 善則
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区三番町 6 番地 1 7 富士電機システムズ株式会社
 内
 【氏名】 山本 俊広
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区三番町 6 番地 1 7 富士電機システムズ株式会社
 内
 【氏名】 矢尾 博信
【特許出願人】
 【識別番号】 591083244
 【氏名又は名称】 富士電機システムズ株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100074099
 【住所又は居所】 東京都千代田区二番町 8 番地 2 0 二番町ビル 3 F
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 大菅 義之
 【電話番号】 03-3238-0031
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 012542
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0318994

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測に必要な資源を備え、前記資源が少なくとも 1 対のトランスデューサを含む超音波流量計において、両方式の一方を選択する方法であり、

前記トランスデューサからの受信波の信頼度を判断する判断ステップと、

前記受信波の信頼度が不十分であると判断した場合、現在の方式とは異なる方式を選択する選択ステップとからなる

ことを特徴とする両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 2】

前記判断ステップは、

前記受信波の信頼度の指標となる量の値を求めるステップと、

前記値が、前記量に関係付けられた設定値より小さいか否かを判断するステップとからなり、前記選択ステップは、

前記値が前記設定値より小さい場合、信頼度が不十分であると判断するステップを含むことを特徴とする請求項 1 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 3】

前記の現在の方式が、パルスドップラ方式である場合、

前記量は、受信波の振幅であり、

前記設定値は、パルスドップラ方式において許される受信波の最小振幅値であることを特徴とする請求項 2 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 4】

前記の現在の方式が、パルスドップラ方式である場合、

前記量は、受信波の振幅と所定の測定可能振幅値との比であり、

前記設定値は、前記比に関係付けられた設定値である

ことを特徴とする請求項 2 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 5】

前記の現在の方式が、パルスドップラ方式である場合、

前記量は、受信波をフーリエ変換して得た、ドップラ周波数のパワースペクトルであり、

前記設定値は、所定の測定可能なパワー値である

ことを特徴とする請求項 2 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 6】

前記の現在の方式が、パルスドップラ方式である場合、

前記量は、受信波をフーリエ変換して得た、ドップラ周波数のパワースペクトルと所定のパワー値との比であり、

前記設定値は、前記比に関係付けられた設定値である

ことを特徴とする請求項 2 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 7】

前記の現在の方式が、伝搬時間差方式である場合、

前記量は、送信波振幅と前記受信波の最大振幅との比であり、

前記設定値は、前記比に関係付けられた設定値である

ことを特徴とする請求項 2 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 8】

前記の現在の方式が、伝搬時間差方式である場合、

前記量は、前記受信波をフーリエ変換して得た、前記受信波に含まれる送信周波数のパワースペクトルと所定のパワー値との比であり、

前記設定値は、前記比に関係付けられた設定値である

ことを特徴とする請求項 2 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 9】

前記判断ステップは、

前記の現在の方式が、パルスドップラ方式である場合、ドップラ受信波の測定点ごとの無変化の指標となる量の値を求める値算出ステップと、

前記値が、前記量に関係付けられた設定値より大きいかな否かを判断する値判断ステップとからなり、前記選択ステップは、

前記値が、前記量に関係付けられた設定値より大きい場合、前記伝搬時間差方式に変更するステップからなる

ことを特徴とする請求項 1 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 1 0】

前記の無変化の指標となる量が、ドップラ受信波の計測周期ごとの波形が連続して変化しない回数である

ことを特徴とする請求項 9 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 1 1】

前記値算出ステップは、

各計測点の流速を求めるステップと、

各計測点の前回までの流速の平均値を求めるステップと、

前記の求めた流速と前記平均値との差分を求めるステップと、

前記差分が一定値以上である計測点の数が全計測点に対する比の値を前記値として求めるステップからなる

ことを特徴とする請求項 9 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 1 2】

前記値算出ステップは、

各計測点のドップラ受信波のドップラシフトを求めるステップと、

各計測点の前回までのドップラシフトの平均値を求めるステップと、

前記の求めたドップラシフトと前記平均値との差分を求めるステップと、

前記差分が一定値以上である計測点の数が全計測点に対する比の値を前記値として求めるステップからなる

ことを特徴とする請求項 9 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 1 3】

前記値が、前記量に関係付けられた設定値より大きくない場合、伝搬時間差方式で得た受信波の信頼度の指標となる複数の量の第 1 の加重加算値を算出し、

パルスドップラ方式で得たドップラ受信波の信頼度の指標となる複数の量の第 2 の加重加算値を算出し、

前記第 1 および第 2 の加重加算値の大きい方に関係付けられた方式を選択する方式選択ステップをさらに含む

ことを特徴とする請求項 9 または 1 0 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 1 4】

前記の伝搬時間差方式で得た受信波の信頼度の指標となる複数の量は、送信波振幅と受信波の最大振幅との比、および送信波と受信波の周波数パワーの比を含む

ことを特徴とする請求項 1 3 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 1 5】

前記のパルスドップラ方式で得たドップラ受信波の信頼度の指標となる複数の量は、ドップラ受信波の振幅と所定の振幅値との比、およびドップラ周波数のパワースペクトルと所定のパワー値との比を含む

ことを特徴とする請求項 1 3 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 1 6】

前記方式選択ステップは、

前記第 1 および第 2 の加重加算値の大きい方が、規定値より大きいかな否かを判断するステップと、

前記第 1 および第 2 の加重加算値の大きい方が前記規定値より大きい場合、前記の大きい方に関係付けられた方式に切り換えるステップを含む
ことを特徴とする請求項 1 3 乃至 1 5 の何れか 1 項に記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 1 7】

前記方式選択ステップは、

前記第 1 および第 2 の加重加算値の大きい方が前記規定値より大きくない場合、異常である旨の出力をするステップをさらに含む
ことを特徴とする請求項 1 6 記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 1 8】

前記選択ステップは、前記資源の範囲において選択を行う

ことを特徴とする請求項 1 乃至 1 7 の何れか 1 項に記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 1 9】

前記選択ステップは、パルスドップラ方式の流量計測により求めた結果および伝搬時間差方式の流量計測により求めた結果の何れか一方を選択する
ことを特徴とする請求項 1 乃至 1 7 の何れか 1 項に記載の両方式対応型超音波流量計における方式選択方法。

【請求項 2 0】

パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測に必要な受信波を収集するハードウェア資源と、記憶媒体を含み前記受信波から流量を算出する制御手段とを備えた超音波流量計において、

前記トランスデューサからの受信波の信頼度を判断する判断機能と、

前記受信波の信頼度が不十分であると判断した場合、現在の方式とは異なる方式を選択する選択機能とを

前記制御手段に実現させることにより、両方式の一方を自動的に選択することを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に格納されたプログラム。

【請求項 2 1】

少なくとも 1 対のトランスデューサと、

パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測に必要な受信波を収集するハードウェア資源と、

前記受信波から流量を算出する制御手段とを備え、前記制御手段が、

前記トランスデューサからの受信波の信頼度を判断する手段と、

前記受信波の信頼度が不十分であると判断した場合、現在の方式とは異なる方式を選択する手段を備えることにより、両方式の一方を自動的に選択する
ことを特徴とする両方式対応型超音波流量計。

【請求項 2 2】

計測対象の流体の流路を与える配管に取り付けられた 1 対のトランスデューサに接続されパルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測に必要な受信波を収集するハードウェア資源と、

前記受信波から流量を算出する制御手段とを備え、前記制御手段が、

前記トランスデューサからの受信波の信頼度を判断する手段と、

前記受信波の信頼度が不十分であると判断した場合、現在の方式とは異なる方式を選択する手段を備えることにより、両方式の一方を自動的に選択する
ことを特徴とする両方式対応型超音波流量計用の電子装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】パルスドップラ方式と伝搬時間差方式の両方式対応型超音波流量計、同流量計において方式を自動選択する方法およびプログラム

【技術分野】**【0001】**

本発明は、パルスドップラ方式と伝搬時間差方式の両方式の流量計測が可能な超音波流量計において、両方式を切り換える技術に関する。

【背景技術】**【0002】**

超音波による流量計測方式としては、パルスドップラ方式と伝播時間差方式とがよく知られている。

パルスドップラ方式の流量計測は、測定対象となる流体に超音波パルスを照射し、流体中に混在する気泡などの異物によって反射された超音波エコー波の周波数が、流速に比例した大きさだけ変化するドップラシフトの原理を応用したものである。この方式は、伝播時間差方式と比較して、精度が高く高速応答が可能で、かつ耐気泡性に優れており、さらに計測線を複数設けることで偏流でも高精度な計測が可能となる特徴がある。しかし、その反面、不純物が少ない流体では計測ができなくなり、計測可能な流速範囲に制約があるという問題がある。

【0003】

一方、伝播時間差方式は、一对の送受信一体型トランスデューサを用いて、上流側から下流側への超音波伝播時間と下流側から上流側への超音波伝播時間とを比較して、流速および流量を算出する方法である。この方式では、パルスドップラ方式と比較して、不純物の少ない液体や純水の流量を計測するのに適し、計測可能な流速範囲が広いという特徴がある。

【0004】

従来の超音波流量計は、パルスドップラ方式か伝播時間差方式の何れか一方の方式で計測を行っていた。

このように、両方式には一長一短があるが、それらは補完できるものであり、両方式の流量計測を可能とする資源を備え、両方式を併用できる超音波流量計があれば好都合である。出願人は、本出願とほぼ同時期に種々の形態の両方式併用可能な超音波流量計（以下、「両方式対応型超音波流量計」と称する）を出願した。

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかし、両方式対応型超音波流量計では、何れの方式で計測するか、または両方式の計測を同時並列的に実施できるタイプの場合は、何れの方式の計測結果を採用するかを判断する必要がある。本発明は、両方式対応型超音波流量計において、両方式の選択の判断を自動的に行う技術に関する。

【0006】

本発明は、パルスドップラ方式および伝搬時間差方式の両方式に対応した超音波流量計において、受信波により両方式の択一判断を自動で行うことにより、被測定流体の気泡などの反射体の存在の有無に関わりなく流量計測を可能とする方法およびプログラムを提供することを目的とする。

【0007】

また、本発明は、パルスドップラ方式および伝搬時間差方式の両方式の受信波により両方式の択一判断を自動で行うことにより、被測定流体の気泡などの反射体の存在の有無に関わりなく流量計測が可能な両方式対応型超音波流量計を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

上記の課題を解決するため、本発明は、一面では、パルスドップラ方式の流量計測と伝

搬時間差方式の流量計測に必要な資源を備え、前記資源が少なくとも1対のトランスデューサを含む超音波流量計において、両方式の一方を選択する方法を与える。本方法は、前記トランスデューサからの受信波の信頼度を判断する判断ステップと、前記受信波の信頼度が不十分であると判断した場合、現在の方式とは異なる方式を選択する選択ステップとからなる。

【0009】

判断ステップは、前記受信波の信頼度の指標となる量の値を求めるステップと、前記値が、前記量に関係付けられた設定値より小さいか否かを判断するステップとからなり、前記選択ステップは、前記値が前記設定値より小さい場合、信頼度が不十分であると判断するステップを含むことが好ましい。

【0010】

受信波の信頼度の指標となる量としては、受信波の振幅、受信波の振幅と所定の測定可能振幅値との比、パワースペクトルと所定のパワー値との比、送信波振幅と前記受信波の最大振幅との比、前記受信波をフーリエ変換して得た、前記受信波に含まれる送信周波数のパワースペクトルと所定のパワー値との比などが用いられる。

【0011】

本発明は、別の面においては、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測に必要な受信波を収集するハードウェア資源と、記憶媒体を含み前記受信波から流量を算出する制御手段とを備えた超音波流量計において、前記トランスデューサからの受信波の信頼度を判断する判断機能と、前記受信波の信頼度が不十分であると判断した場合、現在の方式とは異なる方式を選択する選択機能とを前記制御手段に実現させることにより、両方式の一方を自動的に選択することを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に格納されたプログラムを提供する。

【0012】

本発明は、さらに別の面においては、パルスドップラ方式と伝搬時間差方式の両方式の一方を自動的に選択する両方式対応型超音波流量計を提供する。本発明の両方式対応型超音波流量計は、少なくとも1対のトランスデューサと、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測に必要な受信波を収集するハードウェア資源と、前記受信波から流量を算出する制御手段とを備え、前記制御手段は、前記トランスデューサからの受信波の信頼度を判断する手段と、前記受信波の信頼度が不十分であると判断した場合、現在の方式とは異なる方式を選択する手段を備える。

【発明の効果】**【0013】**

伝播時間差方式およびパルスドップラ方式の併用システムにおいて、両方式の選択を自動的に判断することにより、両方式の長所を活かして被測定流体における反射体の有無に関わりなく流量計測が可能となる。

【0014】

各測定方法の超音波受信波の大きさ、その周波数のパワースペクトル、位相変異、および流速の正常検出率などを適時観測し、その予め定めた閾値により何れの方式を用いるかを自動判断するので、測定条件に適応した精度の高い流量計測が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0015】**

以下、本発明の実施形態と添付図面とにより本発明を詳細に説明する。なお、複数の図面に同じ要素を示す場合には同一の参照符号を付ける。

図1は、本発明の一実施形態によりパルスドップラ方式および伝播時間差方式による流量計測が可能な両方式対応型超音波流量計の構成を概略的に示す略図である。図1において、本発明の両方式対応型超音波流量計は、計測対象の流体に流路を与える配管の外壁に取り付けられ、超音波の送受信を行うパルスドップラ方式流量計測用のトランスデューサ1、配管の外壁において対向し且つ流れの方向に差がある位置に取り付けられた1対のトランスデューサ2、3、パルスドップラ式流量計測用にドップラ周波数検出およびA/D変

換を行う回路4、伝播時間差式流量計測用に増幅およびA/D変換を行う回路5、パルスドップラ方式と伝播時間差方式との切り換えを行う切り換え回路6、および超音波流量計全体を制御する制御部7からなる。

【0016】

制御部7は、好ましくは、図示しないCPU（中央情報処理装置）、ROM（読み出し専用記憶装置）、RAM（任意アクセス記憶装置）などからなるマイクロコンピュータで構成する。制御部7は、パルスドップラ方式用の回路4および伝播時間差方式用の回路5からの信号を素にそれぞれの方式により流量を演算する流量演算処理プログラム8、プログラム8の処理結果を出力する（例えば、表示する）出力処理プログラム9、および本発明の原理により両方式を切り換える方式切換処理プログラム10などを、例えば、図示しないROMに格納し、これらのプログラムの制御下で種々の制御動作を行う。

【0017】

なお、回路4と流量演算処理プログラム8によるパルスドップラ方式の流量計測は任意の方法で行ってよい。同様に、回路5と流量演算処理プログラム8による伝播時間差方式の流量計測も任意の方法で行ってよい。

【0018】

また、図1では、方式切換処理プログラム10により回路4および5を切り換えているが、図1のように、両方式に必要なハードウェア資源を個別に兼備している場合は、両方式の流量計測を同時並列的に実施できるので、4および5の回路自体を切り換える代わりに、両方式で計測した結果の一方を選択するようにしてもよい。

【0019】

さらに、図1の両方式対応型超音波流量計は、両方式に必要なハードウェア資源を個別に兼備しているが、本発明は、伝播時間差式計測用の回路5を持たず、パルスドップラ式計測用の回路4の増幅器（図示せず）とA/D変換器を用いて伝播時間差方式の流量計測を行うタイプの両方式対応型超音波流量計にも適用することができる。

【0020】

本発明による方式切換方法を説明する前に、伝播時間差方式とパルスドップラ方式とを簡単に説明する。

図2は、伝播時間差方式による流量計測の原理を示す図である。伝播時間差法では、図2(A)に示すように、トランスデューサ2（図2では、「TD2」のように記す）より超音波（振幅A0）を楔・配管を通して被測流体の直径上の測定線路上に送信し、被測流体を渡って、反対配管・楔を通して、トランスデューサ3で受信される。受信波形は図1(B)のようになる。続けて、トランスデューサ3からTD2に向けて同じように送信する。TD2の受信波形は図1(C)のようになる。そして、トランスデューサ2と3との受信波形の時間差($\Delta T = T_2 - T_1$)により被測流体の平均流速を求める。伝播時間差方式による流量計測については、一対のトランスデューサから送信パルスをそれぞれ送り、この時の両受信波を用いて計測する期間を、「1計測周期」とする。

【0021】

図3は、パルスドップラ方式による流量計測の原理を示す図である。パルスドップラ方式では、図3(A)に示すように、トランスデューサ1（図3では、「TD1」と記す）から超音波（振幅A1）を楔・管壁を通して測定線路上の直径上の測定領域に送信し、測定領域上の反射体からのエコー（反射波）をセンサにて受信する。受信は、送信からの時間により測定線路上の位置を割り出し、各位置（計測点）の反射体の動きによるドップラシフトから反射体の流速を求める。この処理をドップラシフトの周波数（ f_d ）から割出されたサンプリング定理に対応した周波数（ $f_{prf} \geq 2f_d$ ）で一定回数（ N_{prf} ）繰り返し、測定線路上の流速分布を割出す。そして、各流速を配管内径に沿って積分処理することで流量を求める。なお、図3(A)および(B)において、最も太い縦の線分が送信波を表し、次に太い縦の線分が、対向する壁面からの反射波を表し、これらの縦の太線を結ぶ横の太線が流体中の反射物によるエコーを表す。パルスドップラ方式の流量計測については、一回のパルス送信に関わる計測動作の期間を「1計測周期」とする。

【0022】

以下、以上の定義に基づいて、切り換え処理プログラム10による切り換え動作を説明する。

〔第1の実施形態〕

図4は、本発明の第1の実施形態による切り換え動作の流れを示すフローチャートである。本発明によれば、一計測周期ごとに図4の処理が実行される。図4(A)の動作が開始されると、ステップ102において、現在の流量計測方式は何かを判断する。パルスドップラ方式ならば、ステップ104に進み、現在の計測周期で収集した受信信号（即ち、図3(C)のドップラ受信波 $f_d(i)$ ）の信頼度の指標となる量の値を求める。

【0023】

図4(B)は、ステップ104の実例を示す。図4(B)に示すように、例えば、ステップ104aにおいて、受信波の振幅、即ち、ドップラ受信波 $f_d(i)$ の振幅 $A_{1'}$ と所定の測定可能な振幅値との比 AR_{rr} を求める。あるいは、ステップ104bのように、ドップラ受信波をフーリエ変換し、受信波に含まれるドップラ周波数 f_d のパワースペクトルを算出し、このパワースペクトルと所定の測定可能なパワー値との比 PR_{rr} を求めてもよい。

【0024】

次に、判断ステップ108において、ステップ104（例えば、104aまたは104b）で求めた値が、その量に対する設定値より小さいか否かを判断する。具体的には、104aでドップラ受信波 $f_d(i)$ の振幅 $A_{1'}$ と所定の測定可能な振幅値との比 AR_{rr} を求めた場合、比 AR_{rr} が、 AR_{rr} に対して予め設定された設定値より小さいかどうか判断する。同様に、ステップ104bにおいて比 PR_{rr} を求めた場合、比 PR_{rr} が、比 PR_{rr} に対して予め設定された設定値より小さいかどうかを判断する。

【0025】

求めた値が所定の設定値より小さければ、その計測周期で収集されたドップラ受信波の信頼性は低いことになり、採用しない方がよいと考えられるので、ステップ110において、方式を変更する。即ち、この場合、現在パルスドップラ方式であるから、伝搬時間差方式に変更する。ステップ110の後、この切り換え動作を終了する。

【0026】

判断ステップ108において、ステップ104で求めた値が設定値より大きい場合、その計測周期で収集されたドップラ受信波の信頼性は水準以上であるから、何もせず（方式を変更せず）終了する。

【0027】

一方、最初の判断ステップ102において、現在、伝搬時間差方式で計測中である場合、ステップ106に進み、現在の計測周期で収集した受信信号の信頼度の指標となる量の値を求める。具体的には、図4(C)に示すステップ106aまたはステップ106bの何れかで求める。例えば、ステップ106aにおいて、送信波の最大振幅（図2(B)の A_0 ）と受信波の最大振幅（図2(B)の $A_{0'}$ ）との比 AR_{tr} を求める。あるいは、ステップ106bにおいて、受信波をフーリエ変換することにより受信波に含まれる送信周波数のパワースペクトルを算出し、このパワースペクトルと送信波のパワーとの比 PR_{tr} を求めてもよい。

【0028】

次に、判断ステップ108において、ステップ106（例えば、106aまたは106b）で求めた値が、その量に対する設定値より小さいか否かを判断する。具体的には、106aで送受信波の最大振幅の比 AR_{tr} を求めた場合、比 AR_{tr} が、比 AR_{tr} に対して予め設定された設定値より小さいかどうか判断する。同様に、ステップ106bにおいてパワー比 PR_{tr} を求めた場合、比 PR_{tr} が、比 PR_{tr} に対して予め設定された設定値より小さいかどうかを判断する。

【0029】

求めた値が所定の設定値より小さければ、その計測周期で収集された受信波の信頼性は

低いことになり、採用しない方がよいと考えられるので、ステップ110において、方式を変更する。即ち、この場合、現在、伝搬時間差方式であるから、パルスドップラ方式に変更する。ステップ110の後、この切り換え動作を終了する。

【0030】

判断ステップ108において、ステップ106で求めた値が設定値より大きい場合、その計測周期で収集された伝搬時間差方式の受信波の信頼性は水準以上であるから、何もせず（方式を変更せず）終了する。

【0031】

また、判断ステップ102において、パルスドップラ方式の場合、ステップ104を実行する代わりに、図5の処理を行ってもよい。図5の動作原理は、次のとおりである。即ち、パルスドップラ方式の流量計測では、各計測点で計測周期ごとに測定される流速は一定ではなく、ほぼ正規分布をなすバラツキがある。そして、正常に計測できていれば、全計測点の流速を平均すると、多くの場合、一定値の流速に収束する。したがって、この平均値を用いることにより、その時のドップラ方式の計測が正常化否かを判断することができる。

【0032】

具体的には、パルスドップラ方式の場合、図5（A）の処理を行うことができる。即ち、ステップ102でパルスドップラ方式と判断された場合、ステップ120において、ドップラ受信波の測定点ごとの無変化の指標となる量の値を求める。具体的には、例えば、図5（B）または（C）の何れかによって値を求めることができる。

【0033】

図5（B）の場合、ステップ120aにおいて、ドップラ受信波の周波数 f_{prf} ごとの波形が連続して変化しない回数を求める。

図5（C）の場合、ステップ120bを実行する。ステップ120bは、次のサブステップからなる。即ち、まず、ステップ202において、処理対象を最初の計測点とする。ステップ204において、現在の計測点（＝反射点）の流速を求める。ステップ206において、現在の測定点の前回までの流速の平均値を算出する。ステップ208において、ステップ204で求めた流速と算出した平均値との差分を求める。判断ステップ210において、差分が一定値以上かどうか判断する。差分が一定値を超えなければ、その計測点に関しては正常に計測されたと判断し、次の判断ステップ212において、現在の計測点が最後の計測点か否かを判断する。最後でなければ、ステップ218において、処理対象を次に計測点に設定して、ステップ204に戻る。判断ステップ210において、差分が一定値を超えた場合、その計測点の計測は異常であるとみなし、ステップ216において、ステップ204で求めた流速を、例えば、前回までの平均値または隣り合った計測点の平均値などを用いて、補正した後、ステップ212に進む。判断ステップ212において、現在の計測点が最後の計測点である場合、ステップ214に進み、差分が一定値以上である計測点の数の全計測点に対する割合を求める。

【0034】

以上のようにして、ドップラ受信波の無変化の指標となる量の値を求めたのち、判断ステップ122に進む。ステップ122において、求めた値がその量に対する設定値を超えるか否かを判断する。例えば、ステップ120aにおいてドップラ受信波の波形が連続して変化しない回数を求めたならば、ステップ122において、その求めた回数が、連続して変化しない回数に対して設定された設定値を超えるか否かを判断する。また、ステップ120bにおいて、差分が一定値以上である計測点の数の全計測点に対する割合を求めたならば、ステップ122において、求めた割合が、その割合に対して設定された設定値を超えるか否かを判断する。

【0035】

ステップ122において、求めた値が、上記の設定値を超えた場合、パルスドップラ方式では計測不能と判断し、ステップ124において、伝搬時間差方式に変更し、切り換え処理を終了する。また、ステップ122において、求めた値が、上記の設定値を超えない

場合、パルスドップラ方式で計測可能と判断し、そのまま（方式を変更せず）処理を終了する。

【0036】

なお、上述のステップ120bの例では、各計測点の流速を判断基準に用いた。しかし、各計測点のドップラシフトも流速と同様に、ほぼ正規分布をなすバラツキがあると考えられるので、ステップ120bにおいては、各計測点のドップラシフトを判断基準に用いてもよい。即ち、ドップラ受信波の計測周期ごとのドップラシフトが0の近傍の一定値より小さい計測点の発生率を観測し、その比率が所定の設定値を超える場合、例えば気泡などのトレーサが無いために計測が不可能であると判断し、伝搬時間差方式にきりかえてもよい。

【0037】

本発明によれば、以上のようにして、流量計測中に常に最適な流量計測方式を選択することにより、計測条件に適応した高精度の流量計測が可能となる。

以上述べた方式切り換え方法は、現在計測中の一方の方式の受信データのみを用いて切り替えの判断を行うものである。以下において、両方式の計測データに基づいて切り替えの判断を行う方法を説明する。

【0038】

〔第2の実施形態〕

図6は、本発明の第2の実施形態による切り換え動作の流れを示すフローチャートである。図6の処理を開始すると、まず、ステップ302において、ドップラ受信波の計測周期（ f_{prf} ）ごとの波形が連続して変化しない回数を求める。次に、判断ステップ304において、求めた値（即ち、回数）が設定値を超えるか否かを判断する。超える場合、パルスドップラ方式では計測不可能と判断して、ステップ306において、伝搬時間差方式に切り換え処理を終了する。

【0039】

判断ステップ304において、求めた値が設定値を超えない場合、ステップ308に進む。ステップ308において、次式で定義される伝搬時間差方式の切換値 V_p を計算する。

【0040】

$$V_p = A_{Rtr} \cdot W_1 + P_{Rtr} \cdot W_2$$

ただし、 A_{Rtr} =送信波振幅と受信波の最大振幅の比

P_{Rtr} =送信波と受信波の周波数 h° ワウの比

次に、ステップ310において、次式で定義されるドップラ方式の切替値 V_d を計算する。

【0041】

$$V_d = A_{Rrr} \cdot W_3 + P_{Rrr} \cdot W_4$$

ただし、 A_{Rrr} =ドップラ受信波の振幅の所定の振幅値の比

P_{Rrr} =ドップラ周波数のパワースペクトルと所定のパワー値との比

次に、ステップにおいて、伝搬時間差方式の切換値 V_p とパルスドップラ方式の切換値 V_d との大きい方 V_x （ $x=p$ または d ）を選択する。そして、判断ステップ314において、選択した値 V_x が既定値より大きいか否かを判断する。選択した値 V_x の方が大きいならば、ステップ316において選択した方式に切り換え、処理を終了する。ステップ314において、選択した値 V_x が既定値より大きくない場合、計測不可能と判断し、ステップ318において、その旨を通知して処理を終了する。

【0042】

本実施形態により切り換え方法は、伝搬時間差方式とパルスドップラ方式の両方式の計測データに基づいて切り替えの判断を行うので、両方式同時対応型の超音波流量計には応用できるが、両方式選択対応型の超音波流量計には応用できない。これに対し、第1の実施形態の切り換え方法は、一方の計測データのみを用いて切換の判断を行うので、両方式同時対応型、両方式選択対応型を問わず両方式対応型ならば応用が可能である。

【0043】

以上は、本発明の説明のために実施形態を掲げたに過ぎない。したがって、本発明の技術思想または原理に沿って上述の実施形態または実施例に種々の変更、修正または追加を行うことは、当業者には容易である。

【0044】

例えば、図4のステップ104の例としてステップ104aおよび104bを掲げたが、ステップ104では、これに限らず、受信信号の信頼度の指標となる量なら如何なる量を計算してもよい。例えば、ステップ104aでは、受信波の振幅と所定の測定可能な振幅値の比 ARR を求めたが、受信波の振幅そのものでもよい。この場合、ステップ108では、受信波の振幅が、基準となる振幅値（例えば、パルスドップラ方式において許される受信波の最小振幅値など）より小さいか否かを判断すればよい。このことは、ステップ106に付いても同様に適用できる。ステップ104a、104b、106aおよび106bにおいて、すべて比を求めたのは、図6のステップ308および310における計算に便利だからである。したがって、図4の切り換え方式を実施する場合は、比ではなく元の値を用いた方が便利である。

【0045】

同様に、図5のステップ120で求めるドップラ受信波の計測点ごとの無変化の指標となる量は、例としてステップ120aおよび120bをあげたが、これに限らない。例えば、ステップ120bのサブステップ214において、「差分が一定値以上の計測点の数の全測定点に対する比」を求めたが、「差分が一定値以上の計測点の数」を求めてもよい。この場合、判断ステップ122において、「差分が一定値以上の計測点の数」が許容される測定点数を超えるか否かを判断すればよい。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の一実施形態によりパルスドップラ方式および伝播時間差方式による流量計測が可能な両方式対応型超音波流量計の構成を概略的に示す略図である。

【図2】伝播時間差方式による流量計測の原理を示す図である。

【図3】パルスドップラ方式による流量計測の原理を示す図である。

【図4】本発明の第1の実施形態による切り換え動作の流れを示すフローチャートである。

【図5】図4においてパルスドップラ方式の場合に実施可能な切り換え動作の流れを示すフローチャートである。

【図6】本発明の第2の実施形態による切り換え動作の流れを示すフローチャートである。

【符号の説明】

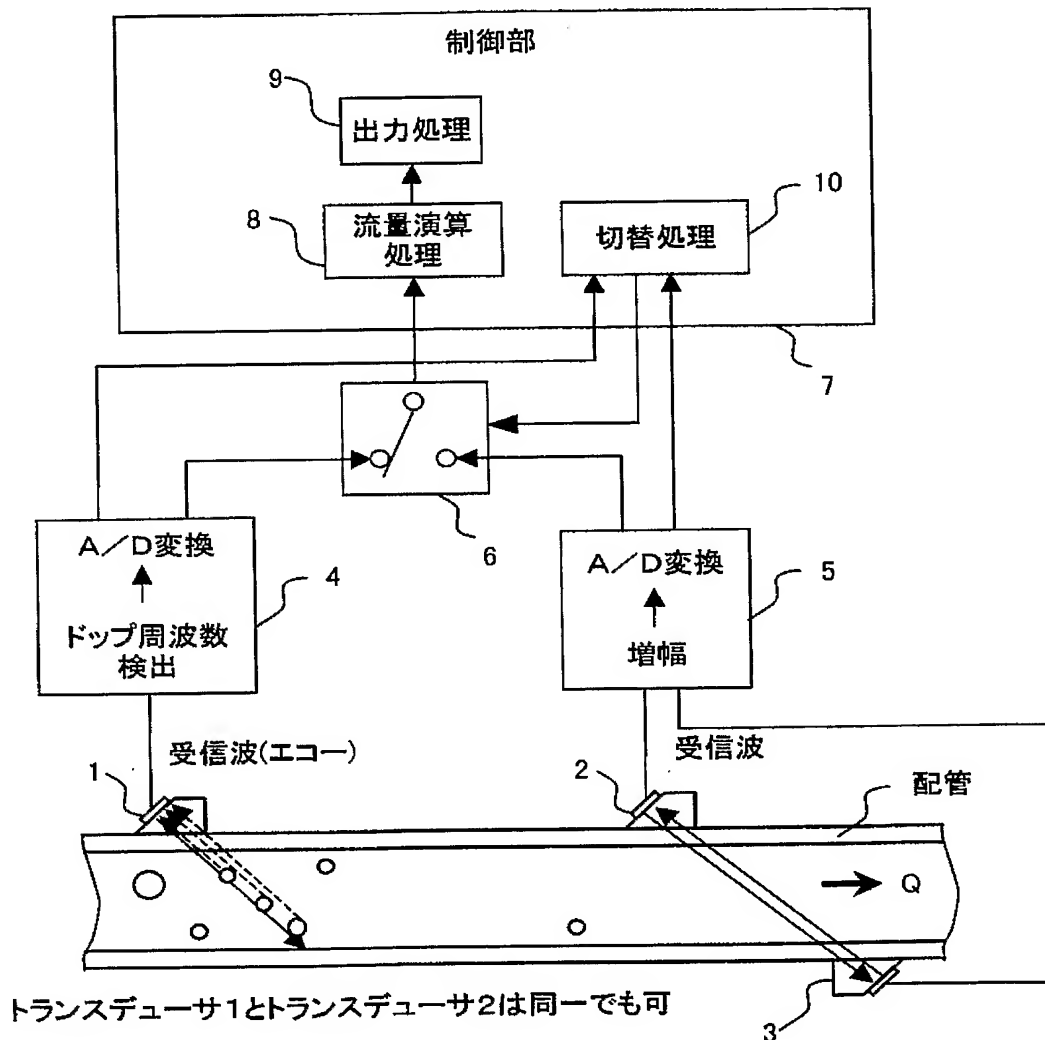
【0047】

- 1、2、3 トランスデューサ
- 4 パルスドップラ方式用の回路
- 5 伝播時間差方式用の回路
- 6 方式切り換え用の切り換え回路
- 7 制御
- 8 流量演算処理プログラム
- 9 出力処理プログラム
- 10 切り換え処理プログラム

【書類名】 図面

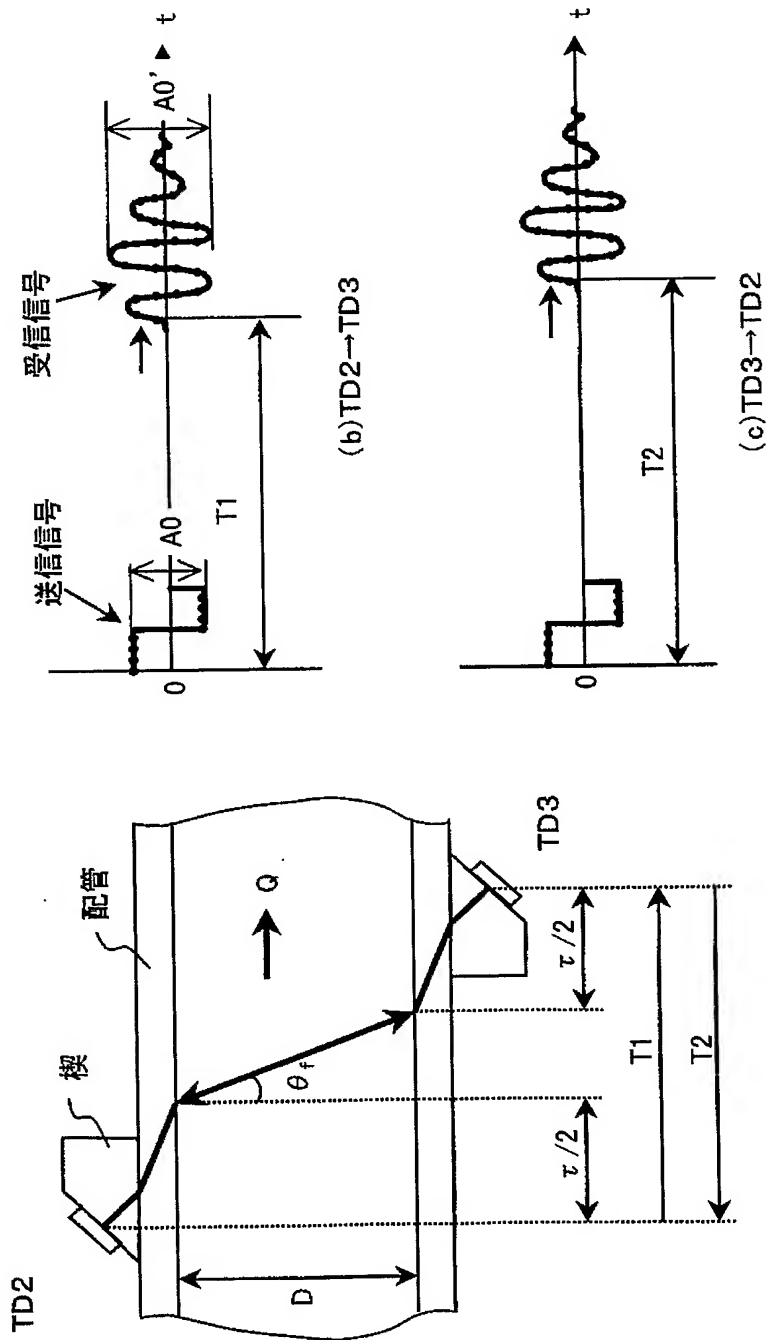
【図 1】

本発明の一実施形態によりパルスドップラ方式および
伝播時間差方式による流量計測が可能な
両方式対応型超音波流量計の構成を概略的に示す略図



【図 2】

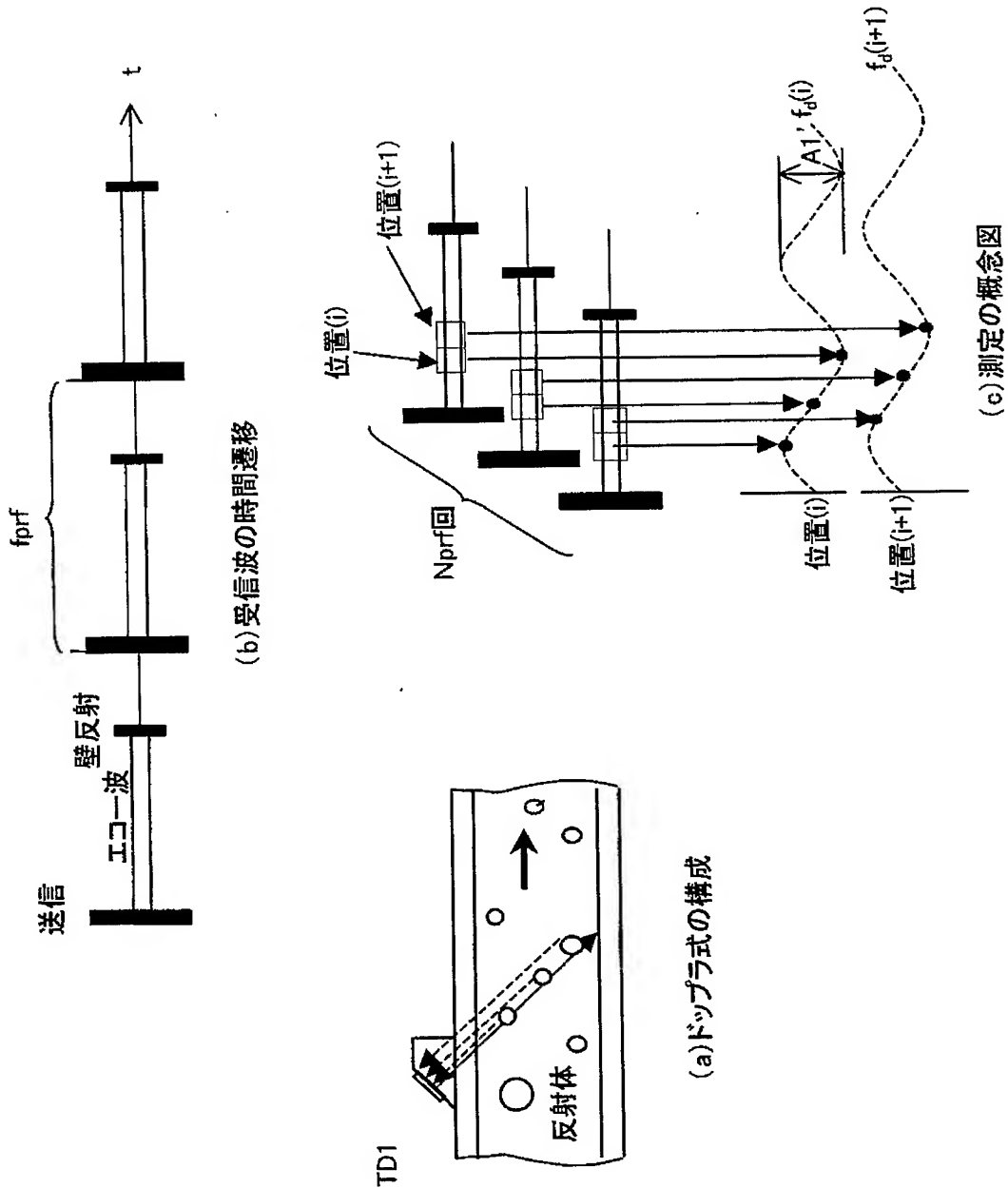
伝播時間差方式による流量計測の原理を示す図



(a) 伝播時間差方式の構成

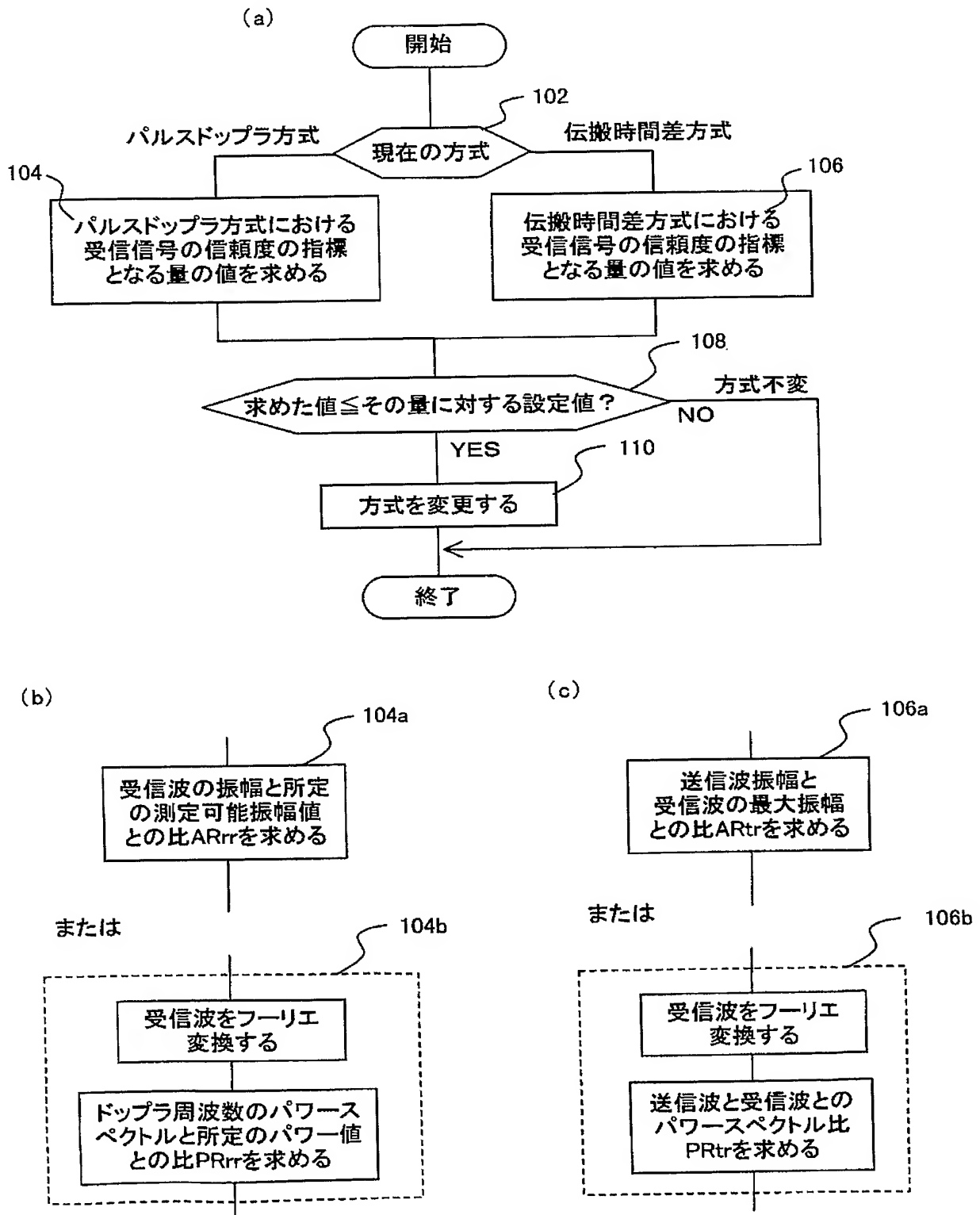
【図 3】

パルスドップラ方式による流量計測の原理を示す図



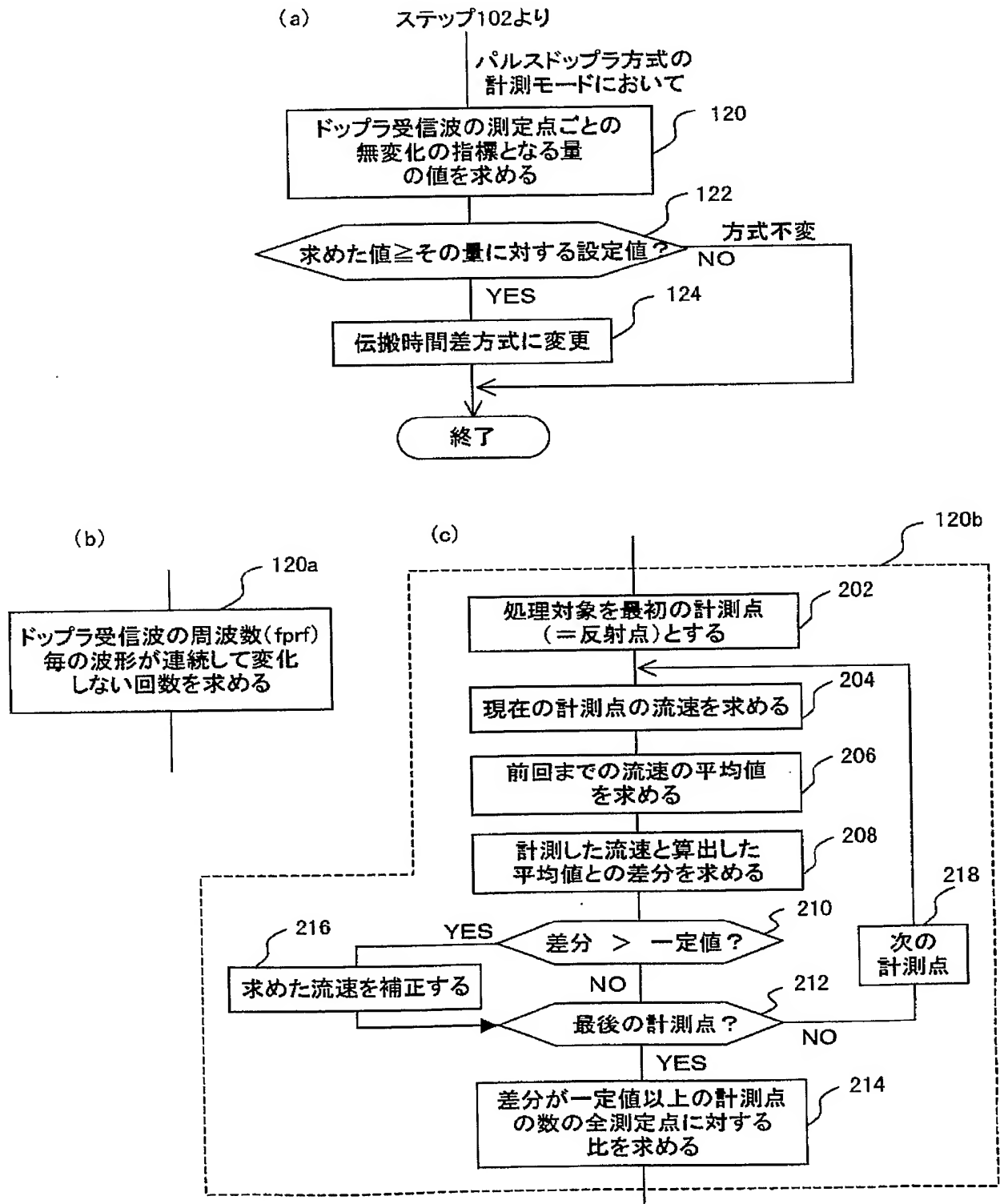
【図 4】

本発明の第1の実施形態による切り換え動作の流れを示すフローチャート



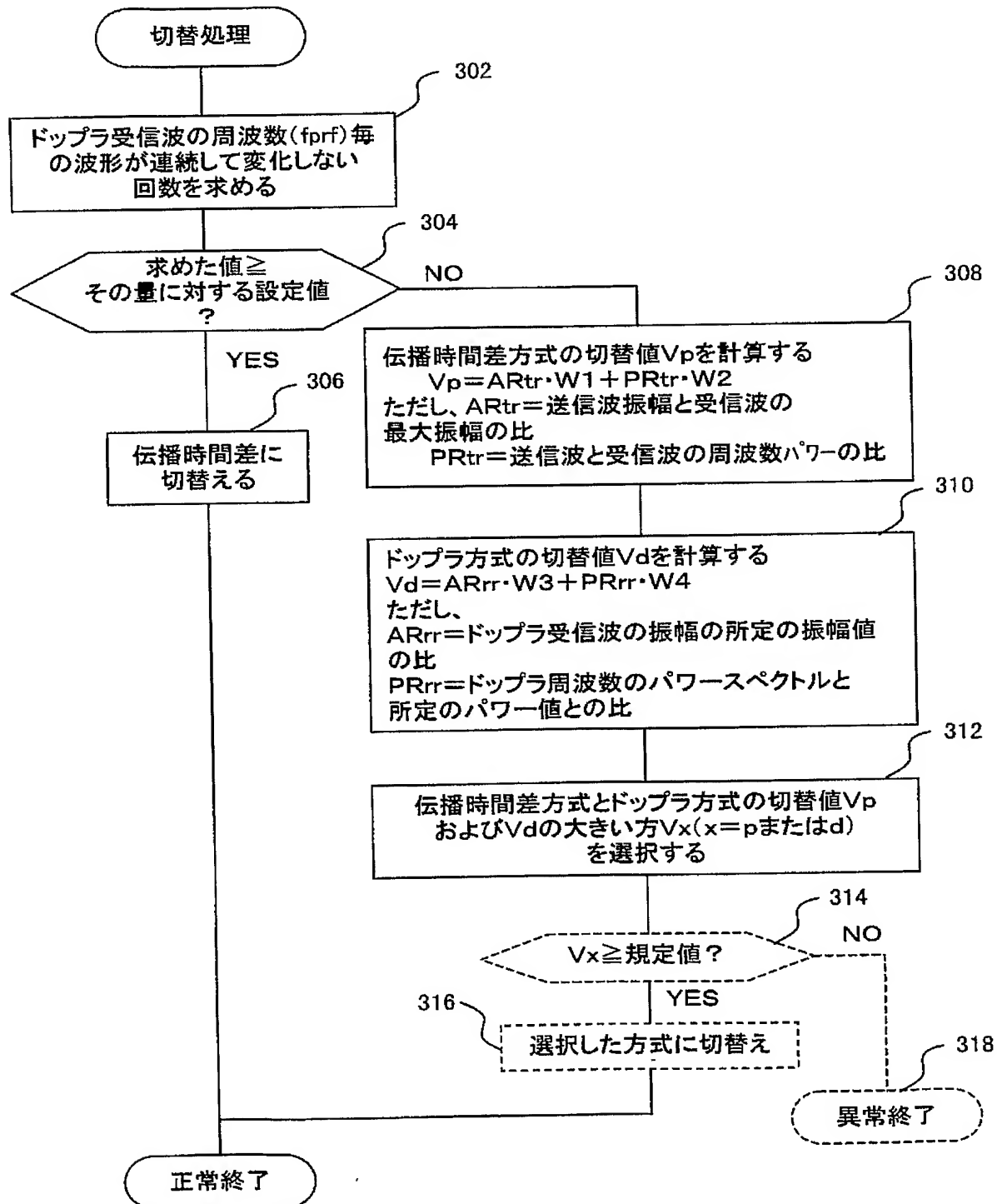
【図 5】

図4においてパルスドップラ方式の場合に実施可能な切り換え動作の流れを示すフローチャート



【図 6】

本発明の第2の実施形態による切り換え動作の流れを示すフローチャート



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 パルスドップラ方式および伝搬時間差方式の両方式に対応した超音波流量計において両方式の択一判断を自動で行う。

【解決手段】

トランスデューサからの受信波の信頼度を判断し、信頼度が不十分であると判断した場合、現在の方式とは異なる方式を選択する。信頼度を判断は、受信波の信頼度の指標となる量の値を求め、この値が、前記量に関係付けられた設定値より小さいか否かで決定する。値が設定値より小さい場合、信頼度が不十分であると判断する。受信波の信頼度の指標となる量としては、受信波の振幅、受信波の振幅と所定の測定可能振幅値との比、パワースペクトルと所定のパワー値との比、送信波振幅と前記受信波の最大振幅との比、前記受信波をフーリエ変換して得た、前記受信波に含まれる送信周波数のパワースペクトルと所定のパワー値との比などが用いられる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 5 5 2 4 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 9 1 0 8 3 2 4 4]

1. 変更年月日
[変更理由]

2 0 0 1 年 7 月 5 日

名称変更

住所変更

住 所
氏 名

東京都千代田区三番町 6 番地 1 7
富士電機システムズ株式会社